

**CLEANING OF SMOOTH SURFACE BY LASER BEAM**

**Patent number:** JP2000202385

**Publication date:** 2000-07-25

**Inventor:** NARISAWA TORU

**Applicant:** NARISAWA TORU

**Classification:**

- **International:** B08B7/00; G11B5/73; G11B5/84; H01L21/304

- **European:**

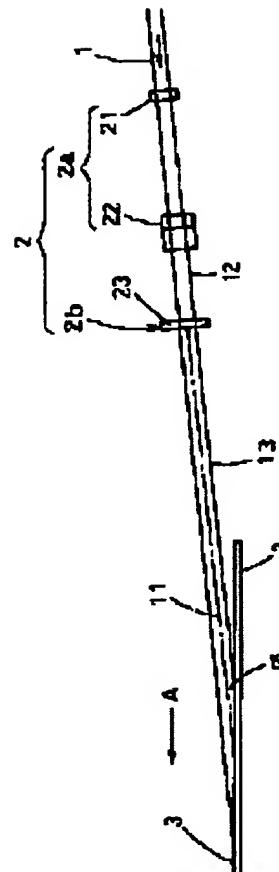
**Application number:** JP19990010318 19990119

**Priority number(s):**

**Abstract of JP2000202385**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for cleaning a smooth surface with laser beam by which the surface of a disk of a hard disk apparatus or silicon wafer or the like to be cleaned can be cleaned within a short time at low cost without damaging the surface to be cleaned.

**SOLUTION:** In this smooth surface cleaning method by laser beam for removing polluting substances adhering to a smooth surface 3 to be cleaned by radiating laser beam to at least a part of the surface 3 to be cleaned, laser beam 1 is so radiated to the surface 3 to be cleaned as to keep 30 deg. of the angle between the beam center axis of the laser beam 1 reaching the surface to be cleaned and the surface 3 to be cleaned.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-202385

(P2000-202385A)

(43)公開日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークド <sup>7</sup> (参考)
B 08 B 7/00		B 08 B 7/00	3 B 11 6
G 11 B 5/73		G 11 B 5/704	5 D 00 6
5/84		5/84	A 5 D 11 2
H 01 L 21/304	6 4 5	H 01 L 21/304	6 4 5 D

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全9頁)

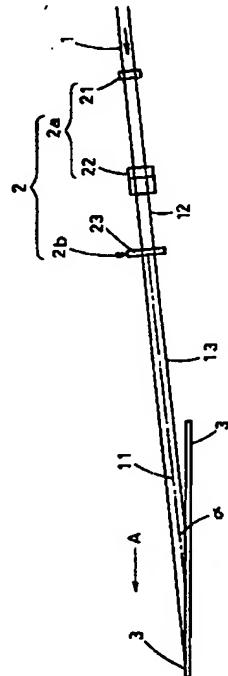
(21)出願番号	特願平11-10318	(71)出願人	599008300 成澤 亨 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94539 フレモント市 サミットビューテ ラス 48822番
(22)出願日	平成11年1月19日(1999.1.19)	(72)発明者	成澤 亨 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94539 フレモント市 サミットビューテ ラス 48822番
		(74)代理人	100076406 弁理士 杉本 勝徳 (外1名) Fターム(参考) 3B116 AA02 AA03 AB01 BC01 5D006 CB01 CB07 DA03 FA00 5D112 AA02 AA24 GA02 GA08 GA19

(54)【発明の名称】 レーザー光による平滑面の洗浄方法

(57)【要約】

【課題】ハードディスク装置のディスクやシリコンウエハー等の洗浄面を傷つけたりすることなく、短時間かつ低コストで洗浄面をクリーニングすることができるレーザー光による平滑面の洗浄方法を提供することを目的としている。

【解決手段】洗浄しようとする平滑な洗浄面の少なくとも一部にレーザー光を照射して洗浄面上に付着した汚染物質を除去するレーザー光による平滑面の洗浄方法において、洗浄面に達するレーザー光のビーム中心軸と、洗浄面とのなす角度が30°以下となるようにレーザー光を洗浄面に照射するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】洗浄しようとする平滑な洗浄面の少なくとも一部にレーザー光を照射して洗浄面上に付着した汚染物質を除去するレーザー光による平滑面の洗浄方法において、洗浄面に達するレーザー光のビーム中心軸と、洗浄面とのなす角度が30°以下となるようにレーザー光を洗浄面に照射することを特徴とするレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項2】光源から洗浄面に至る光路中にエネルギー密度均一化装置を設け、洗浄面上に照射されるレーザー光の単位面積あたりのエネルギー密度を均一化する請求項1に記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項3】エネルギー密度均一化装置が、ビームホモジナイザーであって、光学的にビームホモジナイザーを通ったレーザー光の焦点面をビームホモジナイザーへのレーザー光の入射方向に対して傾け、レーザー光の洗浄面に一致させる請求項2に記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項4】ビームホモジナイザーが、焦点距離および光軸方向の異なるレンズレットを並列させたレンズレット群を備え、このレンズレット群の全てのレンズレットを通過するレーザー光が、同一の傾いた面内に一様に分布されるようになっている請求項3に記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項5】レンズレット群が回折レンズである請求項4に記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項6】エネルギー密度均一化装置が、屈折レンズ、回折レンズおよび反射鏡の少なくともいずれかを用いたビームリシェーバーである請求項2に記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項7】レーザー光がエキシマレーザー光である請求項1ないし請求項6のいずれかに記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

【請求項8】レーザー光の光源から洗浄面までの光路の少なくとも一部を酸素希薄雰囲気にする請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のレーザー光による平滑面の洗浄方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平滑面に付着した汚染物質を除去する洗浄方法、特に平坦度の高い( $R_a \leq 1 \mu m$ )ハードディスク装置のディスクやシリコンウエハー等の高度な清浄化が要求される平滑な板材の表面に突出付着したパーティクル状の汚染物質をクリーニングする方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、ハードディスク装置のディスクやシリコンウエハー等の高度な清浄化が要求される平滑な板材の表面をクリーニングするために、溶剤(ソルベント)を用いて表面を洗浄する方法、純水(DI水)や超

純水を用いて洗浄する方法が用いられている。しかし、溶剤を用いる方法では、塩化フッ化炭素(CFC)あるいは塩化フッ化炭素化水素(HCFC)が溶剤として使用されているが、これらの溶剤は、その揮発物がオゾン層の破壊を招くと言う問題があり、使用の禁止が決まっている。

【0003】また、パーティクル状の汚染物質のうち、特に微小汚染物質は、ファンデルワールス力、分子間力、汚染物質下の液体(水)の表面張力(メニスカスフォース)等による付着力が、汚染物質に加えられる液中動圧、ブラシによるマサツカに比較して、大きなものになる。したがって、溶剤あるいは純水(DI水)や超純水用いたクリーニング方法では、完全なクリーニングを施すことが非常に難しいと言う問題がある。

【0004】一方、このような従来の洗浄方法の問題点を解消すべく、図6に示すように、レーザー光源100から照射されたエキシマレーザー光101を反射鏡102および小レンズレット群103および凸レンズ104等を組み合わせたビーム密度均一化装置としてのビームホモジナイザー105を介してエネルギー分布が均一な状態のビーム106としたのち、このレーザー光101を洗浄面200に対して垂直方向から照射し、洗浄面200に付着したパーティクル状の汚染物質を除去する方法が、特開平7-74135号公報等において提案されている。

【0005】すなわち、このエキシマレーザー光を用いた洗浄方法は、以下の(a)～(d)の原理に基づいている。

(a) フォトン(光子)の運動量( $\omega_1/\lambda$ )移動(momentum transfer)によってパーティクルを表面から移動させる。

(b) サーマルショックにより(運動量→圧力も交換する)表面に振動が起こり、パーティクルを放出する。

【0006】(c) パーティクルの下に略必ず存在する水分の爆発的な蒸発による下側からの圧力の発生によりパーティクルを取り除く。

(d) 有機物においては、C-C結合やC-H結合が1個の光子のエネルギーによって分解され、一度活性炭素および水素となる。そして、すぐに $CO_2$ ,  $H_2O$ 等のガスとして表面より除去する。

【0007】ところで、上記のエキシマレーザー光を用いた洗浄方法の場合、十分な洗浄を行おうとした場合、波長248nmのKrFエキシマレーザー使用の例では、一般に $200mJ/cm^2$ 以上のエネルギー密度でレーザー光を洗浄面の汚染物質に照射する必要がある。しかし、一般に使用されているエキシマレーザー発生装置では、 $800mJ$ /パルス程度のエネルギー強度のレーザー光しか発生させることができないため、 $200mJ/cm^2$ のエネルギー密度を確保しようとすると、光学系の吸収損失もあって一度に精々 $2cm^2$ 程度の

ごく小さな面積しか洗浄を行うことができない。

【0008】また、一回のみのパルスでは、一般に洗浄は不十分で、実験では10パルスから100パルス程度の照射を同一箇所に行なうことが必要なことが判明した。すなわち、1枚のディスクやシリコンウエハー等の全面を洗浄しようとすると、レーザー光を何度もパルス照射しなければならない。したがって、上記のようにエキシマレーザー光を垂直照射する洗浄方法では、処理時間がかかりすぎるとともに、エキシマレーザーが高価であるため、経済的に問題となり、実用に耐えられないと言う問題がある。

【0009】さらに、エキシマレーザーを用いた場合、頑固な汚染物質であっても、ビームを細くして、エネルギー密度を上げれば、短時間で汚染物質を取り除けるようになるのであるが、洗浄しようとすると洗浄面、すなわち、ディスクやシリコンウエハー等の基材そのものにまでダメージを与えてしまう恐れがある。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような事情に鑑みて、ハードディスク装置のディスクやシリコンウエハー等の洗浄面を傷つけたりすることなく、短時間かつ低コストで洗浄面をクリーニングすることができるレーザー光による平滑面の洗浄方法を提供することを目的としている。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法は、このような目的を達成するために、洗浄しようとすると平滑な洗浄面の少なくとも一部にレーザー光を照射して洗浄面上に付着した汚染物質を除去するレーザー光による平滑面の洗浄方法において、洗浄面に達するレーザー光のビーム中心軸と、洗浄面とのなす角度が30°以下となるようにレーザー光を洗浄面に照射するようにした。

【0012】本発明においては、洗浄面と、洗浄面に照射されるレーザー光のビーム中心軸とのなす角度が30°以下に限定されるが、15°以下が好ましく、5°以下がより好ましい。

【0013】洗浄面と、洗浄面に照射されるレーザー光のビーム中心軸とのなす角度が30°以下に限定されるのは、以下のようない由による。

(a) 同じエネルギー密度と断面積をもつビームを使用した場合、斜め照射にては、一度に（または一定時間内に）照射できる範囲が広くなるが、30°を越える角度では、その処理面積（=処理速度）の拡大幅が、垂直照射の処理面積に対して比較的小い。すなわち、処理面積は、照射角度が45°で1.4倍、60°で1.15倍であるが、30°で2倍、10°では5.7倍、5°では11.5倍となる。

【0014】(b) また、30°を越える角度では、洗浄面に当たる実効照射強度が増加して基板のダメージ限

界を越えてしまい、ディスクやシリコンウエハー等の基材にダメージを与える。逆にダメージを与えないようにビームの照射強度を弱めると、充分なエネルギーが汚染物質に当たらず、充分な洗浄効果が得られない。すなわち、 $\theta > 30^\circ$ の照射角度では、基板のダメージ限界X（mJ/cm<sup>2</sup>）と充分な洗浄が行える最小エネルギー密度Y（mJ/cm<sup>2</sup>）とが接近しており、どちら片方を犠牲にせざるを得ない。

【0015】実際の実験値では、洗浄効率は、ビームに垂直な面で図ったエネルギー密度 $\alpha$ （mJ/cm<sup>2</sup>）にほぼ依存し、実効照射密度 $\beta$ （mJ/cm<sup>2</sup>） =  $\alpha$ （mJ/cm<sup>2</sup>） × sin $\theta$ には殆ど依存しないことが計測された。逆に基材のダメージは、 $\alpha$ よりも $\beta$ に対する相関がはるかに高いことが計測された。

【0016】また、本発明において、請求項2のように、光源から洗浄面に至る光路中にエネルギー密度均一化装置を設け、洗浄面に照射されるレーザー光の単位面積あたりのエネルギー密度を均一化することが好ましい。洗浄される照射面に到達するレーザー光のビーム断面積は、エネルギー密度均一化の性能が許容する限り、小さくし、ディスク基板の例では、ビームに垂直面で測定したエネルギー密度が800mJ/cm<sup>2</sup>以上になるように設定しながら、実効照射密度 $\beta$ を150mJ/cm<sup>2</sup>以下となるように照射角度を選ぶと、洗浄効果および面へのダメージの無さの両面で良い結果が得られる。

【0017】エネルギー密度均一化装置の構成要素としては、エネルギー密度をレーザー光のビーム中心軸と斜めに交差する照射面全体で略均一化することができれば特に限定されず、たとえば、請求項3のように、ビームホモジナイザーを用い、光学的にビームホモジナイザーを通ったレーザー光の焦点面をビームホモジナイザーへのレーザー光の入射方向に対して傾け、レーザー光の洗浄面に一致させるようにしたものが挙げられる。また、照射度の一様化の要求精度が余り高くない時、或いは、レーザー光源の源光束中の光強度分布がよく知られており、経時変化の少ない時等には、ビームホモジナイザーに代えて、請求項6のように、エネルギー密度均一化装置が、屈折レンズ、回折レンズおよび反射鏡の少なくともいずれかを用いたビームリシェーバーを用いても構わない。

【0018】ビームホモジナイザーとしては、回折レンズ、回折格子、非球面レンズ、凹レンズ、凸レンズ等を適宜組み合わせたものが挙げられるが、具体的には、たとえば、請求項4のように、焦点距離および光軸方向の異なるレンズレットを並列させたレンズレット群を備え、このレンズレット群の全てのレンズレットを通過するレーザー光が、同一の傾いた面内に一様に分布させるようになっているものが挙げられる。また、生産性やコスト面を考慮すると、請求項5のように、レンズレット群を回折レンズ系のものにすることが好ましい。すなわち

ち、回折レンズ系のものとすると、リソグラフィーとエッチングの繰り返して製造することができ、特に非球面（非円柱面）のレンズの場合、製造コストを低減することができる。

【0019】因みに、図7に示すように、ビームリシェーバー（図7では屈折レンズ型のビームリシェーバーのみをあらわしている）300は、エネルギー密度の高い入力光の部分（図7ではXであらわす中央近辺）を照射面400の広い面積に分散させ、逆に入力光のエネルギー密度の低い部分（図ではYであらわす周縁部分）を照射面400の狭い範囲に集中させてエネルギー密度分布を均一化するようになっていて、入力するレーザー光の中でのエネルギー密度分布が既知の場合にのみ有効である。

【0020】さらに、本発明において、レーザー光としては、特に限定されないが、請求項7のように、エキシマレーザー光であること、請求項8のように、レーザー光の光源から洗浄面までの光路の少なくとも一部を酸素希薄雰囲気にすることが好ましい。また、レーザー光の照射効率を向上させるために、洗浄面で反射したレーザー光を反射鏡でさらに反射して洗浄面に再照射するようにも構わない。

【0021】エキシマレーザー光としては、特に限定されないが、KrF (248 nm), XeCl (308 nm), ArF (193 nm)などのレーザー光が挙げられ、KrF (248 nm)のレーザー光がより好ましい。また、酸素希薄雰囲気とは、紫外線領域の光の吸収・減衰を及ぼす酸素を空気から除去した雰囲気のことと意味し、できるだけ無酸素状態が好ましく、真空状態にすることも構わない。特に、光路全体を真空容器等の酸素希薄雰囲気容器中に入れるようにすることが好ましい。特に、ArF (193 nm)のレーザー光を使用した場合、酸素による紫外光の吸収が多いので真空に近づけることが好ましい。

## 【0022】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照しつつ詳しく説明する。図1は、本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法の第1の実施の形態をあらわしている。

【0023】図1に示すように、この洗浄方法は、エキシマレーザー光源（図示せず）から照射されたレーザー光1を、エネルギー密度均一化装置2に通して洗浄面3に照射されるレーザー光の単位面積当たりのエネルギー密度が略均一になったビームとともに、洗浄面3に照射されるレーザー光1のビーム中心軸11と、洗浄面3とのなす角度 $\alpha$ が30°以下となるようにして洗浄面3に照射して洗浄面3のクリーニングを行うようになっている。

【0024】詳しく説明すると、エネルギー密度均一化装置2は、幅方向ホモジナイズ部2aと、高さ方向ホモ

ジナイズ部2bとを備えている。幅方向ホモジナイズ部2aは、凸レンズレット群21と、凸レンズ22とを備えている。

【0025】凸レンズレット群21は、図2に示すように、凸型のシリンドリカルレンズレット21aが洗浄面3に対して水平方向に並ぶように多数並設されて形成されている。そして、凸レンズレット群21および凸レンズ22を通ったレーザー光のエネルギー分布を照射面に達した時に中央線31の前後で幅方向に均一化させるようになっている。

【0026】高さ方向ホモジナイズ部2bは、図3および図4に示すように、光軸23bの角度および焦点距離が異なる凹型をしたシリンドリカルレンズレット23aが、高さ方向に並設されて形成されていて、凸レンズ22を出たレーザー光を、その焦点面が洗浄面3に一致するようにするとともに、洗浄面3の幅方向だけでなくレーザー光の進行方向（図1および図3で矢印A方向）側のエネルギー分布も均一な状態にするようになっている。すなわち、レーザー光1を洗浄面3全面にわたって単位面積あたりのエネルギー密度が均一化されたビーム13にするようになっている。また、厳密には、洗浄面3のよりレンズに近い部位の照射エネルギーが高くなるので、高さ方向ホモジナイズ部2bの凹レンズレット群23は、これを補正するため、単純な円柱面でなく、図1または図4に示すように、各レンズレット23aの下側でより曲率を高く（曲率半径を小さく）している。また、図示上分かりやすくするために、屈折レンズにてしめしているが、実質上非円柱面レンズは製作が難しいため、実際は回折レンズ群を用いている。

【0027】この洗浄方法は、以上のように、ビーム中心軸11と洗浄面3とのなす角度が30°以下でレーザー光が洗浄面3に照射されるので、図3に示すように、洗浄面3から突出するように付着した汚染物質4に高いエネルギーのレーザー光が直接あたるが、洗浄面3自体には、 $\sin 30^\circ$ 以下、すなわち、 $1/2$ 以下のエネルギーしか及ばない。また、光子運動量が汚染物質4の横方向にもかかるので、汚染物質4の洗浄面3への押しつけ分力も少くなり、この剥離した汚染物質4が洗浄面3から横方向にはじかれるとともに、照射幅もビーム幅の2倍（ $1/\sin \theta$ ）以上となる。

【0028】したがって、レーザー光1の照射エネルギーを高くしても、洗浄面3を傷めることなく、従来に比べより強大なエネルギーを表面に付着した汚染物質4に当てることができ、従来いくら時間をかけてもダメージ限界以下の照射でそれなかった汚染物質4を取り除くことができる。さらに、垂直方向からレーザー光を照射した場合、レーザー光が汚染物質の下側に隠れた水分に直接当たらなかったが、この方法では、図3に示すように、汚染物質4の下側の水分41に直接レーザー光が当たるようになり、水分41がより爆発的に蒸発しやすく

なり、汚染物質4がレーザー光1の照射により分解しないような無機物質であってもこの蒸発による膨張力によって洗浄面3から剥離し、短時間で綺麗にクリーニングされる。

【0029】図5は、本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法の第2の実施の形態をあらわしている。図5に示すように、この洗浄装置5は、エキシマレーザー光源（以下、「光源」とのみ記す）6と、反射鏡7と、エネルギー密度均一化装置8と、クリーニングの対象物であるディスク9の回転台（図示せず）とを備え、反射鏡7、エネルギー密度均一化装置8、および回転台が、内部を真空状態にすることが可能な容器（図示せず）に収容されている。すなわち、光源6から照射されたレーザー光61が真空雰囲気内を通るようになっている。

【0030】反射鏡7は、光源6から発射された細いビームのレーザー光61を反射して、そのビーム中心軸がドーナツ形をした洗浄面であるディスク9の表面91に対して30°以下の角度とするようになっている。

【0031】エネルギー密度均一化装置8は、第1エキスパンダーレンズ81と、第1コリメーションレンズ82と、第1回折レンズ83と、第2エキスパンダーレンズ84と、第2コリメーションレンズ85と、第2回折レンズ86と、集光レンズ87とを備えている。第1エキスパンダーレンズ81は、光源6から発射された細いビームのレーザー光61を所定の角度で拡散させるようになっている。

【0032】第1コリメーションレンズ82は、第1エキスパンダーレンズ81によって拡散状態で入光するレーザー光61を平行なレーザー光からなる拡張した状態の拡張ビーム62にするようになっている。第1回折レンズ83は、拡張ビーム62をレーザー光61を図5でみて紙面に対して垂直方向のエネルギー密度がディスク上の照射部92において均一化されるように設計されている。

【0033】第2エキスパンダーレンズ84は、実際はビーム幅を縮小する集光レンズで円錐形レンズが用いられていて、入光した半均一化ビーム63をディスクの外周側に向かって広がった断面略扇形をしたビームとなるように集光させるようになっている。第2コリメーションレンズ85も、円錐形レンズが用いられていて、第2エキスパンダーレンズ84を介して入光した拡散状態になつた半均一化ビーム63を断面略扇形をした断面扇形ビーム64とするようになっている。

【0034】第2回折レンズ86は、断面扇形ビーム64を紙面に対して垂直方向だけでなく、ディスク9の半径方向にも均一化しているとともに、表面91の扇形をした照射部92に対して30°以下のビーム中心軸66を有する均一化ビーム65とするようになっている。集光レンズ87は、疑似円柱レンズになっていて、入光し

た均一化ビーム65の焦点面が表面91の照射部92に一致するようになっている。すなわち、表面91の扇形をした照射部92全体に略均一なエネルギー密度でレーザー光が照射されるようになっている。

【0035】また、ディスク9は、図示していないが、回転台に下方から受けられている。回転台は、表面9の各部で総照射量（パルス数）が均一になるようにディスク9を連続的に回転させ、ディスク9の全体を均一にクリーニングできるようになっている。

【0036】すなわち、この洗浄装置5を用いた洗浄方法によれば、ビーム中心軸66が表面91に対して30°以下の角度になってレーザー光61が照射されるとともに、照射部92全体に略均一なエネルギー密度でレーザー光61が照射されるので、上記第1の実施の形態と同様に、レーザー光61の照射エネルギーを高くしても、表面91を傷めることなく、従来に比べ短時間で表面91を綺麗に洗浄することができる。すなわち、低コストで良好な洗浄が可能になる。

【0037】また、光源6から照射部92に至るレーザー光の光路全体が真空雰囲気中を通るため、酸素による光の吸収がなく、より効率よく洗浄することができる。

【0038】本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法は、上記の実施の形態に限定されない。たとえば、上記の実施の形態では、ビームホモジナイザーの焦点面と洗浄面とを一致させるようにしてはいたが、レーザー光の照射方向前後のビーム幅を狭くすれば、焦点面が洗浄面と交差するようにしても構わない。

【0039】また、上記の第2の実施の形態では、連続的にディスクを回転させながら洗浄を行うようになっているが、1つの照射部の洗浄が完了後、間欠的にディスクを回転させてつぎの照射部を洗浄するようにしても構わない。さらに、上記の実施の形態では、光源から照射されるレーザー光の光軸を反射鏡を用いて洗浄面に対して予め30°以下の角度となるようにしているが、エネルギー密度均一化装置を通してエネルギー密度を均一化するとともに、角度を変化させてビーム中心軸の角度を30°以下にするようにしても構わない。

【0040】

【実施例】以下に、本発明の実施例をより詳しく説明する。

【0041】（実施例1）エネルギー強度1000mJ/パルス、50パルス/秒、パルス幅約30nsecのKrF(248nm)エキシマレーザー光を、上記洗浄装置5とほぼ同様の構成をしたエネルギー均一化装置を通して（但し照射部は単純な矩形になるようにして）実質エネルギー分布（照度分布）が±6%以内となるように均一化するとともに、角度α=5°で1つの照射部（半径方向35mm、周方向13.8mm）あたり、外周にて5パルスずつの照射となるようにハードディスク基板を回転させながらレーザー光を照射してハードディスク基板

表面の洗浄を行ったところ、表面を傷めることなく、約2.5秒でハードディスク基板の全面を綺麗に洗浄できた。

【0042】なお、エネルギー均一化装置を通ったレーザー光の総合出力は、エキシマレーザーからの入力の40%であった。

【0043】(比較例1) レーザー光を照射部に対して垂直方向から照射した以外は、実施例1と同様にしてハードディスク基板表面の洗浄を行ったところ、汚染物質が少し残るとともに、ハードディスク基板表面に損傷が見られた。

【0044】(比較例2) エネルギー強度800mJ/パルスのKrF(248nm)エキシマレーザー光を用い、エネルギー密度200mJ/cm<sup>2</sup>/パルスのラインビームにして95mm×95mmの正方形領域に垂直照射を行ったところ、1照射部あたり100パルスずつ照射しても完全な洗浄ができなかつた。しかも、正方形領域全面に照射するのに、約100秒もの時間がかかった。なお、照射密度を250mJ/cm<sup>2</sup>/パルスにしたところ、ディスク全面にダメージが見られた。

#### 【0045】

【発明の効果】本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法は、以上のように装置の処理能力や洗浄能力も格段に向上し、低コストでハードディスク装置のディスクやシリコンウエハー等の洗浄面を傷つけたりすることなく、短時間かつ低コストで洗浄面をクリーニングすることができる。

【0046】また、請求項2のように、洗浄面に照射されるレーザー光の単位面積あたりのエネルギー密度を均一化するようにすれば、一度に広い面積の洗浄面をクリーニングすることができる。請求項7のようにレーザー光として、エキシマレーザー光を用いれば、エネルギー

強度の高い光を照射することができるので、ビーム中心軸を大きく傾けることが可能になり、一度に広い面積のクリーニングが可能になる。

【0047】請求項8のように、レーザー光の光源から洗浄面までの光路の少なくとも一部を酸素希薄雰囲気にすることによって、レーザー光の減衰がなく、レーザー光のエネルギーを有効に利用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法の第1の実施の形態を実施する洗浄装置の概略側面図である。

【図2】図1の洗浄装置の凸レンズレット群部分を説明する説明図である。

【図3】図1の洗浄装置のビームホモジナイザーの凹レンズレット群を説明する説明図である。

【図4】図3の拡大図である。

【図5】本発明にかかるレーザー光による平滑面の洗浄方法の第2の実施の形態を実施する洗浄装置の概略側面図である。

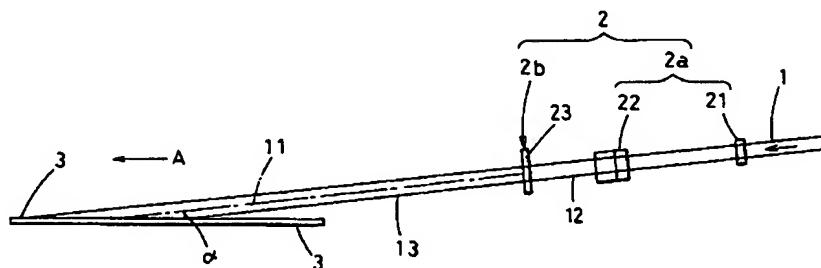
【図6】従来の洗浄装置の概略側面図である。

【図7】概略ガウシアン分布を示す入力光をほぼ一様なエネルギー分布に変換するビームリシェーパーの説明図である。

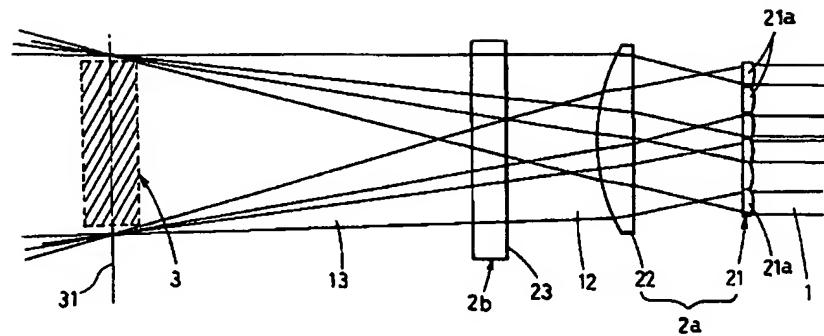
#### 【符号の説明】

1. 61 レーザー光
2. 8 エネルギー密度均一化装置
3. 洗浄面
4. 汚染物質
6. 光源
11. ビーム中心軸
21. 凸レンズレット群
- 21a. シリンドリカルレンズレット

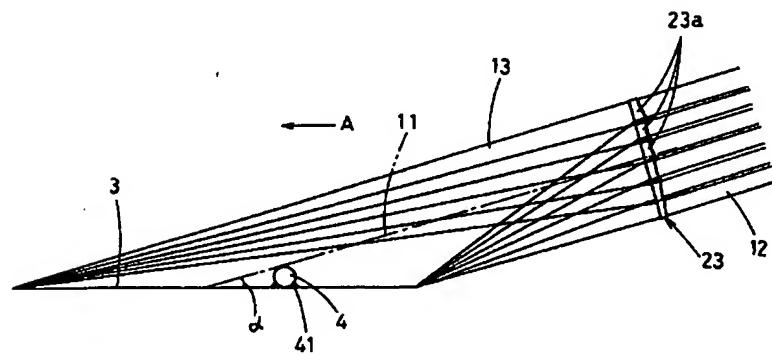
【図1】



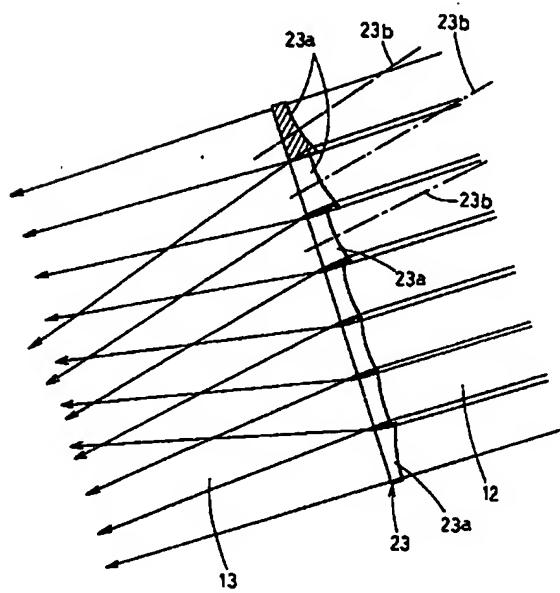
【図2】



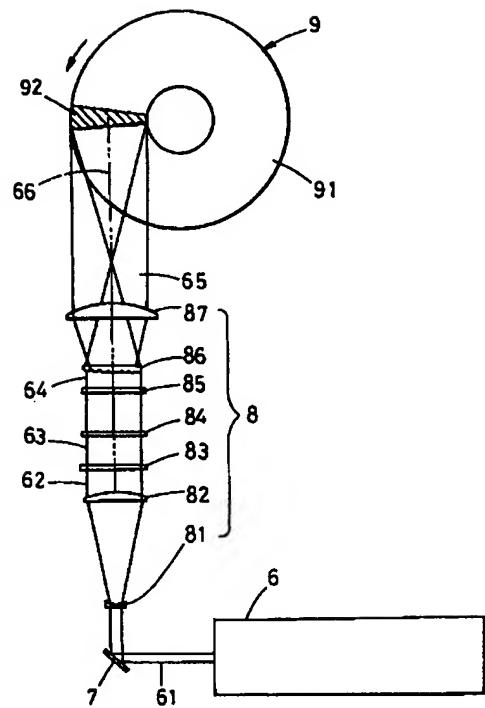
【図3】



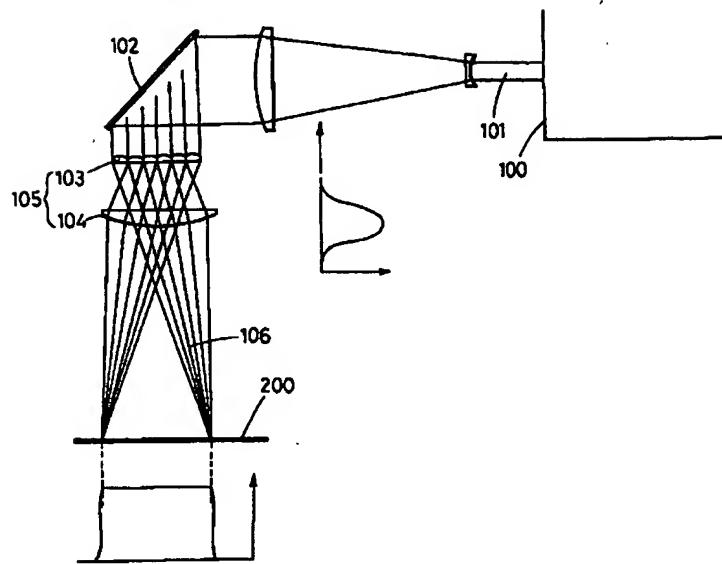
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

